

УДК 628.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАПОРНЫХ ГИДРОЦИКЛОНОВ

Бусарев А.В., Селюгин А.С., Ягин Я.В.

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань,
e-mail: kgasu.viv@gmail.com*

Очистка сточных вод систем оборотного водоснабжения машиностроительных предприятий, загрязненных маслами, нефтепродуктами и механическими примесями, является актуальной задачей. Перспективным направлением в области очистки таких сточных вод является применение напорных гидроциклонов и гидроциклонных установок. В статье приведены результаты исследований очистки нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах, проведенных на экспериментальной гидроциклонной установке, включающей испытываемый напорный гидроциклон, успокоительную емкость, емкости для приема воды из верхнего и нижнего сливов гидроциклона. Предыдущими исследованиями установлено, что для этой цели наиболее подходят гидроциклоны с диаметром цилиндрической части 75 мм. В ходе исследований испытано девять напорных гидроциклонов данного диаметра с различными диаметрами патрубков верхнего и нижнего сливов. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что эффективность очистки сточных вод в напорных гидроциклонах по нефтепродуктам составила 20–80%, а по механическим примесям составила 12–60%. Определены конструктивные параметры гидроциклона, показавшего наилучшие результаты. Результаты исследований были использованы при проектировании промышленной установки.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, очистка, гидроциклон, экспериментальная установка, исследования, промышленная установка

STUDY OF THE PROCESSES OF OIL CONTAINING WASTEWATERS TREATMENT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES WITH THE APPLICATION OF PRESSURE HYDROCYCLONES

Busarev A.V., Selyugin A.S., Yagin Ya.V.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: kgasu.viv@gmail.com

Wastewater treatment water recycling systems machine-building enterprises, contaminated oils, oil products and mechanical impurities, is an urgent task. A promising direction in the treatment of such wastewater is the application of pressure hydrocyclones and hydrocyclone units. The article presents the research results of oil-containing wastewater treatment in the pressure hydrocyclones, hydrocyclone carried out on the experimental rig including the test pressure hydrocyclone, soothing capacity, capacity for receiving water from the upper and lower drains of the hydrocyclone. Previous studies have found that for this purpose the most suitable hydrocyclones with the cylindrical part diameter of 75 mm. The studies tested nine pressure hydrocyclones of a given diameter with different diameters of the nozzles of the upper and lower drains. As a result of experimental researches it is established that the efficiency of wastewater treatment in the pressure hydrocyclones for oil products accounted for 20–80% and mechanical impurities constituted 12–60%. Identified structural parameters of the hydrocyclone, showed the best results. The research results were used in designing industrial installations.

Keywords: oily water, treatment, hydrocyclone, the experimental setup, research, industrial setting

На большинстве машиностроительных предприятий в процессе производства используется технологическое оборудование, нуждающееся в охлаждении. В качестве теплоносителя в системах охлаждения, как правило, используется вода. При охлаждении оборудования вода в ряде случаев, загрязняется нефтепродуктами и механическими примесями, т.е. образуются нефтесодержащие сточные воды (НСВ), сброс которых без очистки невозможен, как в поверхностные источники, так и в системы водоотведения населенных пунктов. Использование воды, загрязненной нефтепродуктами и механическими примесями, для охлаждения технологического оборудования приводит к засорению охладительных систем. Поэтому необходи-

ма очистка воды, используемой для охлаждения технологического оборудования, от загрязняющих веществ.

На кафедре «Водоснабжение и водоотведение» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) проводятся исследования по очистке нефтесодержащих сточных вод, представляющих собой эмульсии типа «нефть в воде» (Н/В), которые также называют нефтяными эмульсиями первого рода [1]. Стабильность эмульсий типа «нефть в воде» связана с небольшими размерами капель нефтепродуктов, их полидисперсностью, а также образованием на поверхности частиц дисперсной фазы оболочек, обладающих высокой механической прочностью и тем самым препятствую-

щих укрупнению (коалесценции) частиц внутренней фазы [1, 3]. Для очистки нефтесодержащих сточных вод КГАСУ разработаны установки типа «блок гидроциклон – отстойник», в состав которых входят напорные двухпродуктовые гидроциклоны конструкции КГАСУ, а также отстойники различных типов [1–4, 6, 7]. Вначале нефтесодержащие сточные воды обрабатываются в напорных гидроциклонах, которые могут работать как со свободным изливом, так и с противодавлением на сливах [5]. Под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенциального ввода жидкости в цилиндрикоконический корпус гидроциклона, нефтепродукты, как более легкая фаза, концентрируются в его осевой части, а затем восходящим аксиальным потоком выносятся вместе с частью воды через верхнее сливное отверстие данного аппарата (верхний слив гидроциклона). Механические примеси, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенкам корпуса гидроциклона и, вместе с частью воды, выносятся через его нижнее сливное отверстие (нижний слив гидроциклона) [3, 6]. При обработке нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах, кроме разделения эмульсий типа «нефть в воде», осуществляется разрушение оболочек вокруг капель нефтепродуктов, коалесценция этих капель, а также повышение их монодисперсности, что значительно интенсифицирует процесс последующего отстаивания [3, 6].

В отстойниках установок типа «блок гидроциклон – отстойник» располагаются системы распределения поступающей на очистку сточной воды и сбора очищенной воды, а также системы удаления осадка. Для интенсификации процессов очистки нефтесодержащих сточных вод в отстойниках могут размещаться коалесцирующие насадки из крупнозернистых гидрофобных материалов (полиэтилен, гидрофобизированный керамзит). При фильтрации нефтесодержащих сточных вод через коалесцирующие насадки происходит дополнительное укрупнение капель нефтепродуктов, что также интенсифицирует процесс разделения эмульсий типа «нефть в воде» под действием силы тяжести [1, 4].

Дальнейшим направлением совершенствования установок типа «блок гидроциклон – отстойник» является использование остаточной энергии закрученного потока, формирующегося в напорных гидроциклонах, для разделения эмульсий типа «нефть в воде». В результате проведенных в этом направлении исследований в КГАСУ были разработаны различные конструкции установок типа «блок гидроциклон – цилиндрические камеры сливов – гидрофобная коалесцирующая насадка – отстойник» (БГКО). Методы их расчета и объемно-планировочные решения данных аппаратов приведены в работах [1, 2, 4]. Напорные гидроциклоны, входящие в состав установки типа БГКО, работают как гидродинамические каплеобразователи. Потоки жидкости из верхнего и нижнего сливов гидроциклонов поступают в цилиндрические камеры в виде закрученных струй, энергия которых используется для дальнейшей гидродинамической обработки нефтепромысловых сточных вод. В цилиндрических камерах сливов происходит дальнейшее укрупнение капель нефти, что повышает эффективность разделения эмульсий типа «нефть в воде» методом отстаивания [1, 2, 4].

Приведенные выше гидроциклонные установки могут использоваться для очистки нефтесодержащих сточных вод машиностроительных предприятий. На Луганском тепловозостроительном заводе вода, которая используется для охлаждения деталей (валиков, шпинделей, муфт) прокатных станов, загрязняется частицами машинного масла и механическими примесями. Используемая для охлаждения станов вода собирается в колодцах, расположенных под ними, а затем насосами подается на охлаждение в брызгальный бассейн. Для очистки воды от масла и механических примесей КГАСУ разработана установка типа «блок гидроциклон – отстойник» с вертикальными отстойниками, работающая в безнапорном режиме. В этом случае напорные гидроциклоны будут работать со свободным изливом [5]. Для определения геометрических параметров гидроциклона, предназначенного для работы в составе данной установки, были проведены исследования процессов очистки маслосодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах на экспериментальной гидроциклонной установке ЭГУ-150 (рис. 1).

Установка состоит из гидроциклона 1 конструкции КГАСУ, успокоительной емкости 2, емкости для приема воды из верхнего 3 и нижнего 4 сливов гидроциклона, соединительных трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры. Успокоительная емкость 2 представляет собой цилиндрический резервуар, в котором осуществляется стабилизация потока воды, поступающего в напорные гидроциклоны. Емкость 2 оборудована пробоотборником ПР-1. Емкости 3 и 4 представляют собой цилиндрические сосуды, оборудованные пробоотборниками ПР-2 и ПР-3. При проведении исследований маслосодержащие сточные воды подавались в установку насосом по трубопроводу 5.

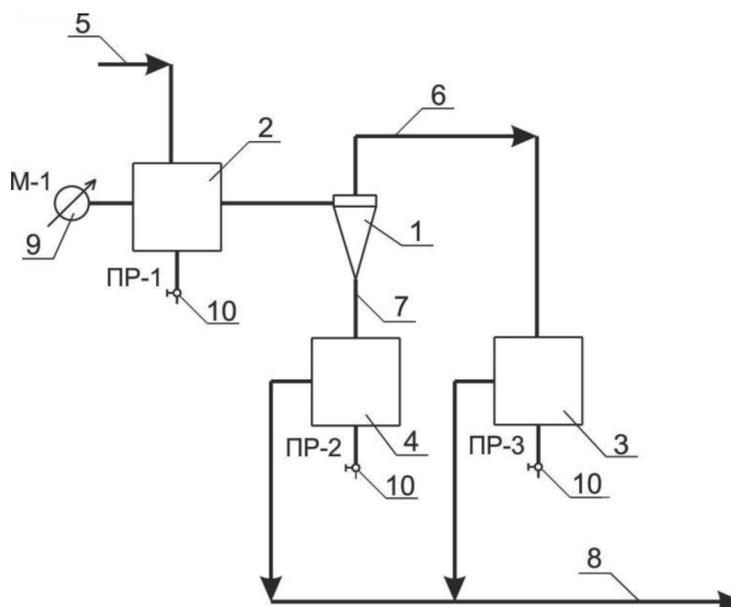


Рис. 1. Схема экспериментальной установки ЭГУ-150

Вода из верхнего слива гидроциклонов отводилась по трубопроводу 6, а из нижнего слива этих аппаратов – по трубопроводу 7. Из емкостей 3 и 4 жидкость по трубопроводу 8 отводилась в систему производственной канализации. Давление на входе в гидроциклоны определялось по показаниям манометра М-1, установленного на емкости 2. В ходе исследований, после того как потоки на входе в гидроциклон и на его сливах становятся установившимися, одновременно отбирались пробы исходной сточной воды и жидкости из верхнего и нижнего сливов гидроциклона.

Опыт исследований КГАСУ показывает, что для очистки нефтесодержащих сточных вод следует использовать напорные гидроциклоны диаметром 75 мм [2, 5, 6]. Поэтому исследования проводились на гидроциклоне диаметром 75 мм со следующими характеристиками: угол конусности – 5° , диаметр входного патрубка – 15 мм, высота цилиндрической части – 15 мм, глубина погружения патрубка верхнего слива – 48 мм, общая высота гидроциклона – 730 мм. В ходе исследований изменялись диаметры патрубков верхнего и нижнего сливов. Геометрические характеристики гидроциклонов, испытанных на экспериментальной установке, приведены в таблице.

В пробах концентрации механических примесей определялась весовым методом, а концентрация нефтепродуктов – фотоколориметрическим методом [6].

Геометрические характеристики испытанных гидроциклонов

Тип гидроциклона	Диаметр, мм	
	патрубка верхнего слива	патрубка нижнего слива
ГЦ-75-I	20	26
ГЦ-75-II	20	18
ГЦ-75-III	20	10
ГЦ-75-IV	15	18
ГЦ-75-V	15	26
ГЦ-75-VI	15	10
ГЦ-75-VII	10	18
ГЦ-75-VIII	10	10
ГЦ-75-IX	10	26

При проведении исследований концентрация нефтепродуктов в сточной воде, поступающей на очистку в гидроциклон, находилась в пределах 442–2937 мг/л, а механических примесей 82–111 мг/л. Результаты исследований очистки сточных вод в гидроциклонах приведены на рис. 2 и 3.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

а) эффективность очистки сточных вод по нефтепродуктам составила 20–80%, а по взвешенным веществам 12–60%;

б) с ростом давления производительность и эффективность работы гидроциклонов увеличивается;

в) для очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся в системах охлаждения прокатных станков, рекомендуется использовать гидроциклон типа ГЦ-75-II.

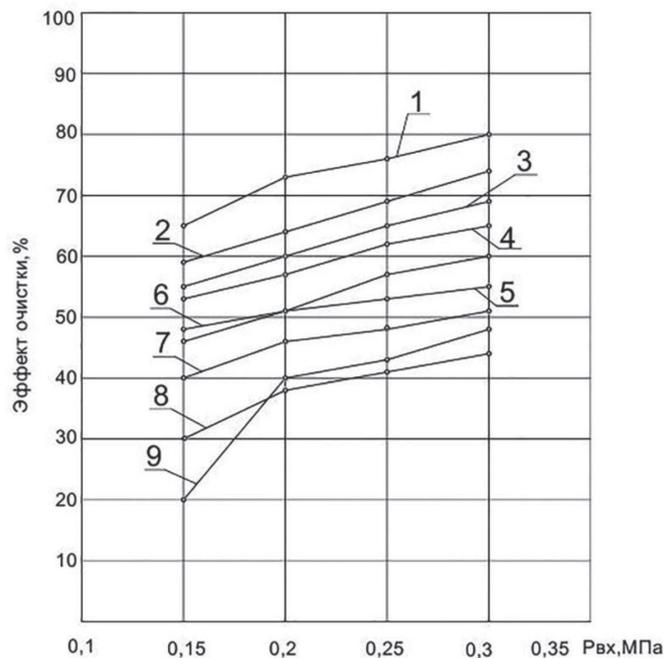


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки НСВ по нефтепродуктам от давления на входе в гидроциклон: 1 – ГЦ-75-II; 2 – ГЦ-75-I; 3 – ГЦ-75-III; 4 – ГЦ-75-VI; 5 – ГЦ-75-VII; 6 – ГЦ-75-VI; 7 – ГЦ-75-VIII; 8 – ГЦ-75-IX; 9 – ГЦ-75-V

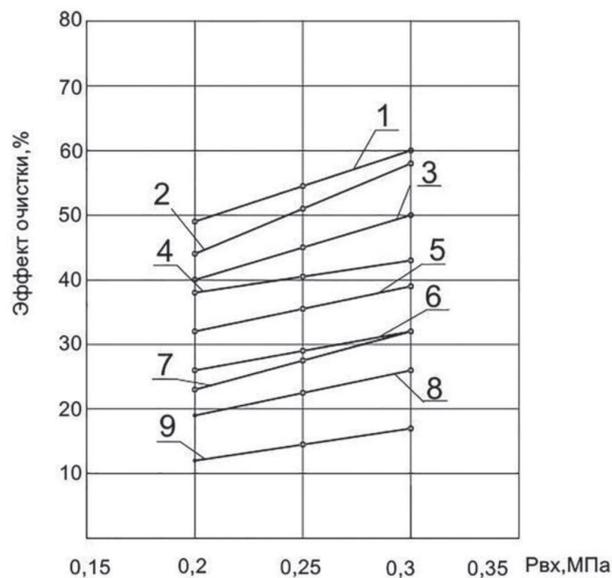


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки НСВ по механическим примесям от давления на входе в гидроциклон: 1 – ГЦ-75-III; 2 – ГЦ-75-II; 3 – ГЦ-75-I; 4 – ГЦ-75-VI; 5 – ГЦ-75-IV; 6 – ГЦ-75-VIII; 7 – ГЦ-75-V; 8 – ГЦ-75-VII; 9 – ГЦ-75-IX

По результатам экспериментальных исследований установлена возможность достаточно эффективной очистки нефтесодержащих сточных вод систем оборотного водоснабжения машиностроительных предприятий в напорных гидроциклонах. Опре-

делены конструктивные параметры гидроциклона, показавшего наилучшие результаты. Полученные экспериментальные данные были использованы при расчете и проектировании промышленной установки УГО-150 производительностью 150 м³/сутки.

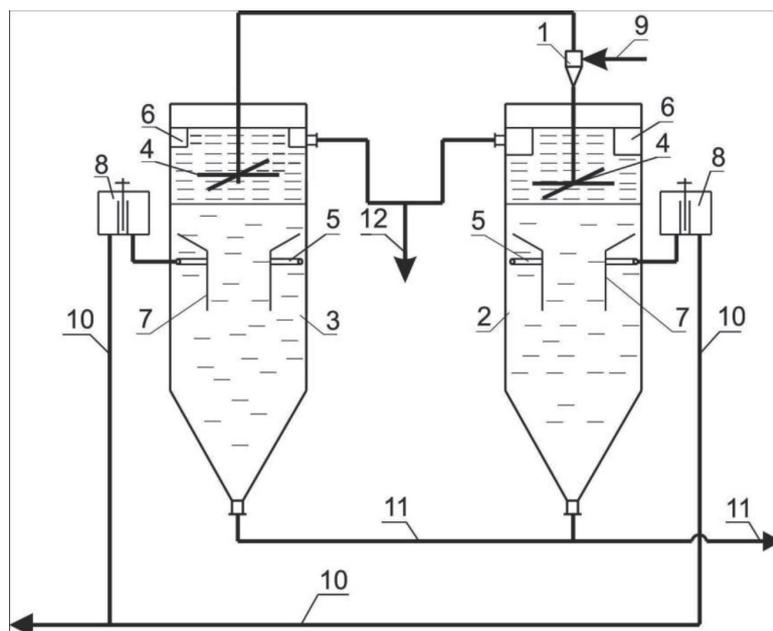


Рис. 4. Схема гидроциклонно-отстойной установки: 1 – гидроциклон; 2 – отстойник нижнего слива; 3 – отстойник верхнего слива; 4 – распределительное устройство; 5 – водосборное устройство; 6 – нефтесборный карман; 7 – защитный козырек; 8 – гидрозатвор; 9 – подача сточной воды; 10 – отвод очищенной воды; 11 – отвод осадка; 12 – отвод нефтепродуктов

Данная установка состоит из напорного двухпродуктового гидроциклона ГЦ-75-II и отстойников нижнего и верхнего сливов. Отстойники оборудованы распределительными, сборными системами и нефтесборными устройствами. Распределительные устройства в отстойниках размещаются в слое жидкостной контактной массы (ЖКМ) из всплывших нефтепродуктов, играющей роль гидрофобного жидкостного фильтра. Для устранения подсоса капель нефтепродуктов из слоя ЖКМ и попадания в очищенную воду крупных частиц механических примесей водосборные устройства размещены в специальных защитных карманах.

Список литературы

1. Адельшин А.А. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков [Текст] / А.А. Адельшин, А.Б. Адельшин, Н.С. Урмитова. – Казань, КГАСУ, 2011. – 245 с.
2. Адельшин А.А. Блочная установка очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения закрученных потоков для целей поддержания пластового давления // Известия КГАСУ. – 2007. – № 1(7). – С. 83–86.
3. Адельшин А.Б. Энергия потока в процессах интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Часть 1. Гидроциклоны [Текст] / А.Б. Адельшин. – Казань, КГАСУ, 1996. – 200 с.
4. Адельшин А.Б. Новые технологические и технические решения установок очистки нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков [Текст] / А.Б. Адельшин, А.А. Адельшин, Н.С. Урмитова // Известия КГАСУ. – 2010. – № 2(14). – С. 197–2005.
5. Бусарев А.В. Исследование процессов очистки нефтепромысловых сточных вод в напорных гидроциклонах, работающих со свободным изливом [Текст] / А.В. Бусарев, А.С. Селюгин, Ф.Ф. Каюмов // Вода: химия и экология. – 2015. – № 11. – С. 30–34.
6. Бусарев А.В. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. – 2015. – № 4. – С. 199–215.
7. Пономарев В.Г. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов [Текст] / В.Г. Пономарев, Э.Г. Иоакимис, И.Л. Монгайт. – М.: Химия, 1985. – 256 с.